



ОСНОВИ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЕЛЕКТРОХІМІЇ

Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології та інженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, 5 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4кредитів ЄКТС (120 годин), лекції (36 годин), лабораторні роботи (36 годин), СРС (48 годин), 1 РГР, 1МКР.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекції 2,4 години на тиждень; лабораторні заняття 2.4 години на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., професор Лінючева Ольга Володимирівна, linyucheva.olga@lil.kpi.ua , Лабораторні: к.т.н., ст.викладач Кушмирук Андрій Іванович, kushmyruk.andrii@lil.kpi.ua
Розміщення курсу	Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача https://classroom.google.com/u/0/c/MjY1OTEzNjAzMjlx

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Освітня компонента (ОК) «Основи теоретичної електрохімії» знайомить студентів: з теоретичними питаннями електрохімічного процесу і чим він відрізняється від хімічного; класифікацією електричних систем та особливостями процесів; основних положень на межі розподілу електрод-електроліт, процесів, які мають місце у технології електрохімічних виробництв. Студенти отримують знання, необхідні для роботи в галузі водневої енергетики, синтезі основних неорганічних та органічних речовин, що визначають розвиток промисловості взагалі.

Метою освітньої компоненти є формування у студентів компетентостей:

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

K03. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

K06. Прагнення до збереження навколишнього середовища, права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

Фахові компетентності (ФК)

K09. Здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач;

K10. Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції;

K13. Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв;

K16. Здатність оформлювати технічну документацію, згідно з чинними вимогами;

K17. Здатність використовувати фундаментальні закономірності електрохімії для вирішення технологічних задач;

K18. Здатність використовувати сучасні матеріали у електрохімічних технологічних процесах.

Програмні результати навчання

ПРО2. Коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі;

ПРО3. Знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості;

ПРО5. Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики;

ПРО7. Обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв;

ПРО9. Забезпечувати безпеку персоналу та навколишнього середовища;

ПР15. Розуміти основні способи і методи одержання металічних і неметалічних покриттів різного функціонального призначення;

Після засвоєння освітньої компоненти студенти також мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

знання :

- що уявляє собою електрохімічний процес і чим він відрізняється від хімічного;
- з яких складових частин має бути утворена електрохімічна система для можливості перетворення в ній хімічної форми енергії в електричну, чи навпаки;
- класифікацію електричних систем та особливості процесів, які відбуваються в них в стані рівноваги та при її порушенні;
- основні положення теорії подвійного електричного шару та межі розподілу електрод-електроліт;
- причини та наслідки електродної поляризації, яка виникає при протіканні електричного струму через електрохімічні системи;
- основні закономірності кінетики електродних процесів;
- світові тенденції розвитку сучасної електрохімії.

уміння:

- записувати електрохімічні реакції та електродні процеси, складати схеми електрохімічних кіл згідно з міжнародною конвенцією;
- розраховувати електродні потенціали та електрорушійні сили (ЕРС) електрохімічних систем в рівноважних умовах в залежності від параметрів процесу (температури, тиску, концентрації потенціаловизначальних іонів та ін.);
- проводити розрахунки, використовуючи закони Фарадея, основні положення теорії електролітичної дисоціації, будови розчинів електролітів (Арреніуса, Дебая-Гюккеля та ін.);
- використовувати теорії та положення сучасної електрохімії для аналізу й опису різноманітних електрохімічних процесів;
- розраховувати кінетичні характеристики електрохімічних реакцій;

- використовувати одержані знання для рішення завдань теоретичної та прикладної електрохімії, користуватися літературою зі спеціальності.

2. Пререквізити та постреквізити освітньої компоненти (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння ОК студенту необхідні знання та уміння, що були отримані під час вивчення ОК «Загальна та неорганічна хімія», «Матеріалознавство», «Основи кристалографії та електрокристалізація металів».

Освітня компонента «Основи теоретичної електрохімії» є одною з основних ОК циклу професійної підготовки. Дисципліни, які базуються на результатах навчання ОК циклу професійної підготовки, в рамках яких потрібне розуміння фізичної суті електрохімічних реакцій та основних закономірностей їх перебігу; використання основних положень для аналізу й опису електрохімічних реакцій; вміння застосовувати основні тенденції та напрямки розвитку сучасної електрохімії у практиці (дослідницької та на виробництві).

3. Зміст навчальної освітньої компоненти

РОЗДІЛ 1. Основні положення

ТЕМА 1.1. Предмет та зміст електрохімії

Предмет та зміст електрохімії. Відмінність електрохімічних процесів від хімічних. Поняття про електрохімічну систему. Складові частини електрохімічних систем та їх можливий стан. Види електрохімічних систем. Короткі історичні відомості про розвиток електрохімії. Основні області застосування електрохімії та перспективи її розвитку. Роль електрохімії в розв'язанні проблеми раціонального використання енергетичних ресурсів та охорони навколишнього середовища.

ТЕМА 1.2. Хімічна дія електричного струму

Хімічна дія електричного струму. Закони Фарадея. Число Фарадея. Вихід за струмом. Кулометри.

Розділ 2. Рівновага в іонних системах

ТЕМА 2.1. Теорія електролітичної дисоціації

Кількісні співвідношення теорії електролітичної дисоціації. Зв'язок між константою та ступенем дисоціації (закон розведення Оствальда). Застосування класичної теорії розчинів електролітів для пояснення осмотичних властивостей, термохімічних ефектів та хімічної рівноваги в розчинах електролітів. Недоліки класичної теорії електролітів та шляхи її удосконалення по Д.І. Менделєєву.

ТЕМА 2.2. Взаємодія між електролітом та розчином

Сольватація (гідратація) в розчинах електролітів. Фізичні та енергетичні характеристики процесу сольватації. Енергія кристалічної ґратки та її розрахунок. Співвідношення енергії ґратки з теплою сольватації (гідратації) іонів. Розрахунок енергії та теплоти гідратації по термодинамічним циклам Габера-Борна.

Зв'язок енергії сольватації (гідратації) з властивостями іонів. Визначення енергій гідратації окремих іонів. Ентропії гідратації та числа гідратації. Роль діелектричної проникності в явищах дисоціації електролітів.

Протолітична теорія кислот та основ. Рівняння Бренстеда. Сучасні тенденції в розвитку вчення про рівновагу в розчинах електролітів.

ТЕМА 2.3. Теорія міжйонної взаємодії

Активність та коефіцієнт активності. Вираз складу розчину через активності та концентрації. Загальна та середня активність електроліту. Середній коефіцієнт активності. Експериментальне визначення коефіцієнтів активності. Іонна сила розчинів.

Основи теорії міжйонної взаємодії. Модель розчину по Гхошу і Дебаю-Гюккелю. Перше наближення теорії Дебая-Гюккеля. Припущення, покладені в основу теорії Дебая-Гюккеля.

Зіставлення теорії Дебая-Гюккеля з дослідом. Недоліки першого наближення теорії Дебая-Гюккеля. Удосконалення теорії Дебая-Гюккеля. Друге наближення теорії Дебая-Гюккеля та його уточнення. Формула Гюккеля. Врахування гідратації іонів при розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності.

РОЗДІЛ 3. Нерівноважні явища в розчинах електролітів

ТЕМА 3.1. Електропровідність розчинів електролітів

Загальна характеристика нерівноважних явищ в розчинах електролітів. Шляхи доставки речовини до поверхні електрода. Електропровідність електролітів. Основні поняття. Визначення понять "молярна" та "питома" електропровідність. Зв'язок між ними. Рухливість іонів та електричні числа переносу іонів. Принципи експериментального визначення електропровідності чисел переносу та іонних рухливостей.

Експериментальні дані по електропровідності. Вплив концентрації, температури, тиску на електропровідність розчинів електролітів. Закони Кольрауша. Зв'язок електропровідності з властивостями електролітів та природою розчинника. Правило Вальдена-Писаржевського. Кондуктометрія.

Теоретична інтерпретація електропровідності електролітів. Класична (гідродинамічна) теорія електропровідності. Основні положення теорії електропровідності Дебая-Онзагера. Електрофоретичний та релаксаційний ефекти. Удосконалення теорії Дебая-Онзагера. Формула Шидловського. Ефект Віна та дисперсія електропровідності. Кінетична теорія електропровідності. Прототропна теорія електропровідності кислот та основ.

ТЕМА 3.2. Дифузія в розчинах електролітів

Стационарна і нестационарна молекулярна дифузія. Закони Фіка. Особливості дифузійних процесів в розчинах електролітів. Дифузійний потенціал. Термодинамічна трактовка дифузійного потенціалу. Теорії Планка та Гендерсона. Методи обчислення дифузійного потенціалу на межі розчинів різної концентрації та з різною рухомістю іонів. Методи його зниження.

РОЗДІЛ 4. Електродна рівновага

ТЕМА 4.1. Термодинаміка електрохімічних систем

Основні термодинамічні функції. Визначення роботи, відмінної від об'ємно-механічної за допомогою основних термодинамічних функцій. Рівняння Гіббса-Гельмгольца та їх аналіз. Правило Томсона. Температурний коефіцієнт. ЕРС електрохімічної реакції. Тепловий ефект електрохімічної реакції. Корисна робота електрохімічних систем у незворотних умовах.

ТЕМА 4.2. Рівноважні електродні потенціали

Термодинамічне трактування рівноважних електродних потенціалів. Термодинамічна формула для розрахунку рівноважного електродного потенціалу. Умовний характер величини електродного потенціалу. Воднева шкала потенціалів. Міжнародна конвенція про ЕРС та електродні потенціали.

Класифікація електродів. Електроди першого, другого роду. Газові електроди. Окислювально-відновні електроди. Правило Лютера. Іоноселективні електроди. Стандартні електроди. Використання стандартних потенціалів для оцінки термодинамічної можливості протікання електрохімічних процесів.

ТЕМА 4.3. Електрохімічні кола

Принципи класифікації електрохімічних кіл. Типи електрохімічних кіл. Фізичні, концентраційні та хімічні кола. Здвоєні хімічні кола. Потенціометрія та її використання при проведенні електрохімічних досліджень.

ТЕМА 4.4. Теорія виникнення електродного потенціалу та ЕРС

Фізична та хімічна теорії ЕРС та електродного потенціалу. Осмотична теорія Нернста. Сольватаційна теорія Писаржевського-Ізгаришева та її розвиток.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри технології електрохімічних виробництв. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

Базова:

1. Антропов Л.І. Теоретична електрохімія/ Підручник.
2. Тульський Г. Г. Теоретична електрохімія. Частина 1 : навч. посібник / Г. Г. Тульський, В. М. Артеменко, С. Г. Дерібо ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : Іванченко І. С., 2019. – 182 с.
3. Петрушина Г.О. Електрохімія: навч. посіб. / Г.О. Петрушина. – Дніпро: Пороги, 2018. – 84 с
4. Нефьодов В. Г. Устаткування електрохімічних виробництв та основи проектування. Частина 1 / В. Г. Нефьодов В. Г., Нікіфоров А. Ф. Дніпропетровськ. : УДХТУ- 2012. - 297 с.
5. Миронюк І. Ф., Микитин І. М. Електрохімія та її практичні аспекти: навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2016. - 174 с.

Додаткова

6. Slobodan Petrovic (2021). *Electrochemistry Crash Course for Engineers*. Springer International Publishing; 113 p.
7. Abdelkader Hammou, Samuel Georges (2020). *Solid-State Electrochemistry (Essential Course Notes and Solved Exercises)*. Springer International Publishing; Springer, 325 p.
8. Яцимирський А.В., Болдирєва О.Ю., Роїк О.С. Фізична хімія. Електрохімія. К.: Київ. ун-т, LAT&K, 2015, 138 с.
9. Gerhard Kreysa, Ken-ichiro Ota, Robert F. Savinell (eds.) (2014). *Encyclopedia of Applied Electrochemistry*. Springer-Verlag New York, 2169 p.

Інформаційні ресурси

Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); код курсу **lx4v4ig** , Кампус КПІ <http://login.kpi.ua/> .

Навчальний контент

5. Методика опанування освітньої компоненти

Лекційні заняття

Проведення лекцій з ОК проводиться паралельно з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. При проведенні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Zoom, Google Meet тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance . Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<u>Предмет та зміст електрохімії.</u> Відмінність електрохімічних процесів від хімічних. Поняття про електрохімічну систему. Складові частини електрохімічних систем та їх можливий стан. Види електрохімічних систем. Короткі історичні відомості про розвиток електрохімії. Основні області застосування електрохімії та перспективи її розвитку.
2	<u>Хімічна дія електричного струму.</u>

	<i>Закони Фарадея. Число Фарадея. Вихід за струмом. Кулонометри.</i>
3	<u>Кількісні співвідношення теорії електролітичної дисоціації.</u> Зв'язок між константою та ступеню дисоціації (закон розведення Оствальда). Застосування класичної теорії розчинів електролітів для пояснення осмотичних властивостей, термохімічних ефектів та хімічної рівноваги в розчинах електролітів. Недоліки класичної теорії електролітів та шляхи її удосконалення по Д.І. Менделєєву.
4	<u>Сольватація (гідратація) в розчинах електролітів.</u> Фізичні та енергетичні характеристики процесу сольватації. Енергія кристалічної ґратки та її розрахування. Співвідношення енергії ґратки з теплотою сольватації (гідратації) іонів. Розрахунок енергії та теплоти гідратації по термодинамічним циклам Габера-Борна.
5	<u>Зв'язок енергії сольватації (гідратації) з властивостями іонів.</u> Визначення енергій гідратації окремих іонів. Ентропії гідратації та числа гідратації. Роль діелектричної проникності в явищах дисоціації електролітів. Енергетичні характеристики сольватації.
6	<u>Протолітична теорія кислот та основ.</u> Рівняння Бренстеда. Сучасні тенденції в розвитку вчення про рівновагу в розчинах електролітів.
7	<u>Активність та коефіцієнт активності.</u> Загальна та середня активність електроліту. Середній коефіцієнт активності. Експериментальне визначення коефіцієнтів активності. Іонна сила розчинів. Виразити склад розчину через активності та концентрації.
8	<u>Основи теорії міжіонної взаємодії.</u> Модель розчину по Гхошу і Дебая-Гюккелю. Перше наближення теорії Дебая-Гюккеля. Припущення, покладені в основу теорії Дебая-Гюккеля.
9	<u>Зіставлення теорії Дебая-Гюккеля з дослідом.</u> Недоліки першого наближення теорії Дебая-Гюккеля. Удосконалення теорії Дебая-Гюккеля. Друге наближення теорії Дебая-Гюккеля та його уточнення. Формула Гюккеля. Врахування гідратації іонів при розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності. Експериментальне визначення коефіцієнтів активності.
10	<u>Загальна характеристика нерівноважних явищ в розчинах електролітів.</u> Шляхи доставки речовини до поверхні електрода. Електропровідність електролітів. Основні поняття. Визначення понять "молярна" та "питома" електропровідність. Зв'язок між ними. Рухливість іонів та електричні числа переносу іонів.
11	Експериментальні дані по електропровідності. Вплив концентрації, температури, тиску на електропровідність розчинів електролітів. Закони Кольрауша. Зв'язок електропровідності з властивостями електролітів та природою розчинника. Правило Вальдена-Писаржевського. Кондуктометрія. Електропровідність неводних розчинів електролітів та деяких інших систем.
12	<u>Теоретична інтерпретація електропровідності електролітів.</u> Класична (гідродинамічна) теорія електропровідності. Основні положення теорії електропровідності Дебая-Онзагера. Електрофоретичний та релаксаційний ефекти. Удосконалення теорії Дебая-Онзагера. Формула Шидловського. Ефект Віна та дисперсія електропровідності. Кінетична теорія електропровідності.
13	Стаціонарна і нестаціонарна молекулярна дифузія. Закони Фіка. Особливості дифузійних процесів в розчинах електролітів. Дифузійний потенціал. Термодинамічна трактовка дифузійного потенціалу. Теорії Планка та Гендерсона. Методи обчислення дифузійного потенціалу на межі розчинів різної концентрації та з різною рухомістю іонів. Методи його зниження.

14	<u>Основні термодинамічні функції.</u> Визначення роботи, відмінної від об'ємно-механічної за допомогою основних термодинамічних функцій. Рівняння Гіббса-Гельмгольца та їх аналіз. Правило Томсона. Температурний коефіцієнт. ЕРС електрохімічної реакції. Тепловий ефект електрохімічної реакції. Корисна робота електрохімічних систем у незворотних умовах.
15	<u>Термодинамічне трактування рівноважних електродних потенціалів.</u> Умовний характер величини електродного потенціалу. Воднева шкала потенціалів. Міжнародна конвенція про ЕРС та електродні потенціали. Термодинамічна формула для розрахунку рівноважного електродного потенціалу
16	<u>Класифікація електродів.</u> Електроди першого, другого роду. Газові електроди. Окислювально-відновні електроди. Правило Лютера. Стандартні електроди. Використання стандартних потенціалів для оцінки термодинамічної можливості протікання електрохімічних процесів. Іоноселективні електроди. Складений електрод Нікольського.
17	<u>Принципи класифікації електрохімічних кіл.</u> Типи електрохімічних кіл. Фізичні, концентраційні та хімічні кола. Здвоєні хімічні кола. Потенціометрія та її використання при проведенні електрохімічних досліджень.
18	<u>Фізична та хімічна теорії ЕРС та електродного потенціалу.</u> Осмотична теорія Нернста. Сольватаційна теорія Писаржевського-Ізгаришева та подальший її розвиток.
Всього кількість ауд. годин складає – 36.	

Практичні заняття (як факультатив за згодою студентів)

Основні завдання циклу практичних занять - це навчити студентів використовувати набуті раніше знання для складання рівнянь основних та побічних електродних реакцій, що перебігають при одержанні неорганічних продуктів; складання балансу робочої напруги на електролізері та проведення інших технологічних розрахунків.

№ з/п	Назва теми заняття
1	<u>Електрохімічні системи, їх складові частини.</u> Основні кількісні співвідношення в електрохімії. Хімічна дія електричного струму. Закони Фарадея. Число Фарадея. Вихід по струму. Кулометри.
2	<u>Класична теорія електролітичної дисоціації.</u> Кількісні співвідношення теорії електролітичної дисоціації. Зв'язок між константою та ступеню дисоціації (закон розведення Оствальда). Застосування класичної теорії розчинів електролітів для пояснення осмотичних властивостей, термохімічних ефектів та хімічної рівноваги в розчинах електролітів. Недоліки класичної теорії електролітів та шляхи її удосконалення по Д.І. Менделєєву.
3	<u>Взаємодія між електролітом та розчинником.</u> Сольватація (гідратація) в розчинах електролітів. Фізичні та енергетичні характеристики процесу сольватації. Енергія кристалічної ґратки та її розрахування. Співвідношення енергії ґратки з теплою сольватації (гідратації) іонів. Розрахунок енергії та теплоти гідратації по термодинамічним циклам Габера-Борна
4	<u>Теорія міжіонної взаємодії.</u> Основи теорії міжіонної взаємодії. Модель розчину по Гхошу і Дебая-Гюккелю. Перше наближення теорії Дебая-Гюккеля.
5	<u>Нерівноважні явища в розчинах електролітів.</u> Зіставлення теорії Дебая-Гюккеля з дослідом. Недоліки першого наближення теорії Дебая-Гюккеля. Удосконалення теорії Дебая-Гюккеля. Друге наближення теорії Дебая-Гюккеля та його уточнення. Формула Гюккеля. Врахування гідратації іонів при

	розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності.
6	<u>Дифузія в розчинах електролітів.</u> Стаціонарна і нестаціонарна молекулярна дифузія. Закони Фіка. Особливості дифузійних процесів в розчинах електролітів. Дифузійний потенціал. Термодинамічна трактовка дифузійного потенціалу. Теорії Планка та Гендерсона
7	<u>Термодинаміка електрохімічних систем.</u> Основні термодинамічні функції. Визначення роботи, відмінної від об'ємно-механічної за допомогою основних термодинамічних функцій. Рівняння Гіббса-Гельмгольца та їх аналіз. Правило Томсона. Температурний коефіцієнт. ЕРС електрохімічної реакції.
8	<u>Електродна рівновага в розчинах електролітів.</u> Принципи класифікації електрохімічних кіл. Типи електрохімічних кіл. Фізичні, концентраційні та хімічні кола. Здвоєні хімічні кола. Фізична та хімічна теорії ЕРС та електродного потенціалу. Осмотична теорія Нернста
	Всього кількість годин складає – 16.

Лабораторні роботи

Основні завдання циклу лабораторних занять – це використання одержаних на лекціях знань, ознайомлення з технічною реалізацією відомих з лекційного курсу процесів та закріплення теоретичного матеріалу.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Хімічна дія постійного струму. Порівняння кулонометрії. Розрахунки виходів за струмом.	16
2	Експериментальне вивчення коефіцієнта активності іонів водню методом вимірювання ЕРС електрохімічних систем.	16
3	Визначення чисел переносу іонів методом Гітторфа	16
4	Визначення та розрахунок дифузійного потенціалу на межі двох розчинів хлороводневої кислоти різної концентрації.	16
5	Визначення температурного коефіцієнту гальванічного елементу. Розрахунок термодинамічних характеристик електрохімічних систем.	14
6	Визначення окислювально-відновних потенціалів електрохімічних систем.	14
	Всього	36

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (СПС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт; підготовка до тематичних контрольних робіт; підготовка до проведення практичних завдань та виконання розрахунків, підготовка до екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СПС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу; проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт; виконання розрахунків	18 годин
Підготовка до МКР	5 годин
Підготовка до РГР	7 годин
Підготовка до екзамену	18 годин
Всього на СПС	48 годин

7. Політика навчальної освітньої компоненти

У звичайному режимі роботи університету лекційні, практичні та лабораторні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні та практичні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, лабораторні заняття – в навчальних лабораторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський або через ZOOM конференції. Відвідування лекційних, практичних та лабораторних занять є обов'язковим.

Правила захисту лабораторних робіт:

1. До захисту допускаються студенти, які виконали лабораторну роботу, правильно виконали розрахунки та вірно оформили протокол з лабораторної роботи (при неправильно виконаних розрахунках чи неякісному оформленні недоліки слід усунути).
2. Захист відбувається або на лабораторних заняттях під час технологічно обумовлених перерв, або на консультаціях з дисципліни, які проводяться щотижнево.
3. Після захисту лабораторної роботи, який полягає у виконанні індивідуального розрахункового завдання або теоретичному опитуванні по темі лабораторної роботи викладачем виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.
4. Несвоєчасний захист – наявність більше одної незахищеної роботи – в звичайному та змішаному режимах роботи Університету є підставою для не допуску до виконання наступної лабораторної роботи.

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: робота на лекціях, виконання та захист лабораторних робіт, розрахункової роботи, виконання модульної контрольної роботи.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- відповіді на лекційних заняттях,
- виконання та захист 6 лабораторних робіт - в звичайному та змішаному режимах роботи Університету,
- виконання розрахункової роботи;
- виконання модульної контрольної роботи.

Критерії нарахування балів:

1. Робота на лекційних заняттях

в звичайному, змішаному та дистанційному режимах роботи Університету

Ваговий бал – **9 балів**. Бали за розраховуються як максимально 0,5 бали за активну участь на одній лекції.

2. Лабораторні роботи

2.1. в звичайному та змішаному режимах роботи Університету

Ваговий бал – 30 балів. Бали за одну лабораторну роботу 5 балів (6 лабораторних): розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи – допуск (0,5 бали), виконання (1 бал) та якість оформленого протоколу (1 бал) і захисту роботи (2,5 бали).

Допуск та виконання лабораторної роботи

- при перевірці готовності до ЛР надаються вірні і вичерпні відповіді; підготовлено в повному обсязі схему протоколу лабораторної роботи; безпомилкове виконання завдання ЛР в повному обсязі з наявністю елементів творчого підходу при безумовному додержанні правил і норм техніки безпеки - 1 бал;
- при перевірці готовності студент має утруднення при формулюванні вірних відповідей; є зауваження щодо підготовки протоколу; виконання завдання ЛР в повному обсязі при додержанні правил і норм техніки безпеки - 1 бал;
- виконання завдань ЛР в повному обсязі при наявності зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок або щодо додержання вимог техніки безпеки – 0,5 балів;
- невиконання завдань ЛР в повному обсязі за відведений час при наявності зауважень з боку викладача щодо вірності виконання роботи або додержання вимог техніки безпеки - 0 балів.

Якість протоколу та захисту лабораторної роботи

- наявність впевнених знань і набутих вмінь з завдань виконаної ЛР; бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів - 2 бали (не менше 90 % потрібної інформації);
- не зовсім повне оволодіння знаннями і вміннями за підсумками виконання ЛР, зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу - 1,5 бала (не менше 75 % потрібної інформації);
- наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні матеріалів з виконаної ЛР - 1 бал (не менше 60 % потрібної інформації);
- значні зауваження щодо повноти і оформлення протоколу; неспроможність дати відповідь по виконаній роботі - 0 балів.

2.2. в дистанційному режимі роботи Університету

Ваговий бал – 5 балів. Бали за лабораторну роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи – допуск (0,5 бали), участь у виконанні роботи та якість оформленого протоколу (2 бали) та захист роботи (2,5 балів).

Допуск до роботи

- при перевірці готовності до ЛР надаються вірні і вичерпні відповіді; підготовлено в повному обсязі схему протоколу лабораторної роботи - 0,5 бали;
- при перевірці готовності студент має утруднення при формулюванні вірних відповідей; є зауваження щодо підготовки протоколу - 0 балів;

Участь у виконанні лабораторної роботи та якість оформленого протоколу

- здатність пояснити усі необхідні операції; бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів - 2 бали;
- утруднення при формулюванні вірних відповідей щодо ходу роботи та допоміжних операцій; зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу - 1,5 бала;
- студент надає відповідь тільки після отримання підказки з боку інших студентів або викладача; наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні матеріалів з виконаної ЛР - 1 бал;
- неспроможність надати пояснення щодо ходу роботи; суттєві зауваження щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні протоколу ЛР - 0 балів;

Захист лабораторної роботи

- наявність впевнених знань з завдань виконаної ЛР – 2,5 бали (не менше 90 % потрібної інформації);
- не зовсім повне оволодіння знаннями за підсумками виконання ЛР - 1 бал (не менше 75 % потрібної інформації);

- наявність значних утруднень під час відповіді по виконаній роботі – 0,5 балів (не менше 60 % потрібної інформації);
- неспроможність дати відповідь по виконаній роботі - 0 балів.

3. Розрахункова робота

в звичайному, змішаному та дистанційному режимах роботи Університету

Ваговий бал – 6. Бали за розрахункову роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи - власне виконання (2,5 бали), якість оформленого протоколу (1,5 бала) і захисту роботи (2 бали).

Виконання розрахункової роботи

- виконання завдань РР в повному обсязі при без зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок – 2,5 балів;
- виконання завдань РР в неповному обсязі при наявності зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок – 1-2 бали;
- невиконання завдань РР в повному обсязі за відведений час при наявності зауважень з боку викладача щодо вірності виконання роботи - 0 балів.

Якість протоколу та захисту розрахункової роботи

- наявність впевнених знань і набутих вмінь з завдань виконаної РР; бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів - 1.5 бали (не менше 90 % потрібної інформації);
- не зовсім повне оволодіння знаннями і вміннями за підсумками виконання РР; зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу -1 бал (не менше 75 % потрібної інформації);
- наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні матеріалів з виконаної РР – 0,5 бала (не менше 60 % потрібної інформації);
- значні зауваження щодо повноти і оформлення протоколу; неспроможність дати відповідь по виконаній роботі - 0 балів.

4. Модульна контрольна робота (МКР)

в звичайному, змішаному та дистанційному режимах роботи Університету

Ваговий бал – 5. Кожне завдання на МКР складається з питань теоретичного характеру. Кількість балів за МКР розраховується як сума балів за кожне питання завдання, яке має ваговий бал 1.

Оцінювання кожного питання МКР за наступною шкалою:

- бездоганна відповідь на завдання при наявності елементів продуктивного (творчого) підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних знань з електрохімії при відповіді на контрольне завдання - 2 бала (не менше 90 % потрібної інформації) -1 бал;
- загалом вірна відповідь, наявність 1-2 помилок при відповіді на контрольне завдання – 0,75 бала (не менше 75 % потрібної інформації);
- наявність суттєвих помилок при відповіді на контрольне завдання – 0,5 балів (не менше 50 % потрібної інформації);
- наявність принципових помилок при відповіді на контрольне завдання - 0 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог Силабусу. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є рейтинг студента 50 % від максимально можливого на час календарного контролю. На **першому календарному контролі** (8-й тиждень) студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 20^1 = 10$ балів. На **другому календарному контролі** (14-й

¹ Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 8 тижнів.

тиждень) студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 44^2 = 21$ балу.

Семестровий контроль: залік.

На заліку студенти мають відповісти на питання білета. Кожен білет містить два теоретичних питання, які оцінюються у **15 балів** кожне, та одна лабораторна робота, яка оцінюється у **20 балів**. Кожне запитання (завдання) оцінюється за такими критеріями:

- повна відповідь на запитання з елементами оригінального, творчого підходу до пояснення прийнятих рішень, обґрунтування цих рішень на основі демонстрації вмінь залучати фундаментальні знання з хімії - 14-15 (9-10) балів (не менше 90 % потрібної інформації);
- повна і взагалі вірна відповідь на запитання з 1–5 незначними помилками або зауваженнями - 11-13 (7-8) балів (не менше 75 % потрібної інформації);
- взагалі вірна відповідь на запитання з 5–6 незначними помилками та 1–2 зауваженнями принципового характеру, пов'язаного з неповнотою знань з фундаментальних основ - 9-10 (6) балів (не менше 60 % потрібної інформації);
- незадовільна відповідь - 0 балів.

Максимальна сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 60 балів:

$$RC = r_{лк} + r_{лр} + r_{рзр} + r_{мкр} = 9 + 30 + 6 + 5 = 50 \text{ балів.}$$

Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт, виконання РГР, написання МКР та кількість рейтингових балів не менше 50.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Перелік запитань до МКР та для підготовки до заліку наведені у Google Classroom «Основи теоретичної електрохімії» (платформа Sikorsky-distance) та в системі МΥΚΡΙ і «Електронний кампус».
- Перелік матеріалів, якими дозволено користуватись під час заліку – на заліку студенту заборонено використовувати будь-які допоміжні матеріали та літературу. За порушення вимог студенти усуваються від екзамену.

Робочу програму (Силабус) освітнього компоненту:

Складено професором кафедри технології електрохімічних виробництв, д.т.н., Лінючевою Ольгою Володимирівною.

Ухвалено кафедрою технології електрохімічних виробництв (протокол № 15 від 23 червня 2025 року).

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 26 червня 2025 року).

² Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 14 тижнів.